

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-277456

(43)Date of publication of application : 06.10.2000

(51)Int.Cl.

H01L 21/28
H01L 21/768

(21)Application number : 11-081301

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 25.03.1999

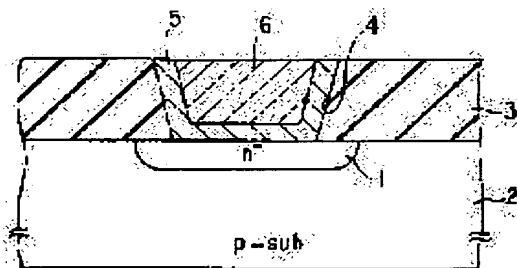
(72)Inventor : SAWADA MASAHIRO
NISHIMURA HIROSHI

(54) SEMICONDUCTOR DEVICE AND MANUFACTURE OF IT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a high copper-diffusion-barrier characteristics as well as high conductivity by comprising a wiring of copper or copper alloy and a copper-diffusion preventive film which prevents diffusion of copper from the wiring, and allowing the copper-diffusion preventive film to comprise a rhenium oxide thin-film.

SOLUTION: On a p-type silicon substrate 2 comprising an n⁺-type diffusion layer 1 on its surface, an inter-layer insulating film 3, for example, of a silicon oxide is formed. A contact hole 4 is opened at a part of the inter-layer insulating film 3 which corresponds to the diffusion layer 1. A copper-diffusion preventive film 5 comprising a rhenium oxide thin-film is formed from the inside surface to the bottom part of the contact hole 4. A wiring 6 of Cu or Cu alloy is embedded in the contact hole 4 where the copper-diffusion preventive film 5 is formed. The rhenium oxide is preferred to be represented with $\text{ReO}_x(x=0.15-0.3)$.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-277456

(P2000-277456A)

(43) 公開日 平成12年10月6日 (2000.10.6)

(51) Int.Cl.⁷

H 0 1 L 21/28
21/768

識別記号

3 0 1

F I

H 0 1 L 21/28
21/90

テマコード* (参考)

3 0 1 Z 4 M 1 0 4
C 5 F 0 3 3

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号

特願平11-81301

(22) 出願日

平成11年3月25日 (1999.3.25)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 澤田 雅人

神奈川県横浜市磯子区新磯子町33番地 株
式会社東芝生産技術研究所内

(72) 発明者 西村 博司

神奈川県横浜市磯子区新磯子町33番地 株
式会社東芝生産技術研究所内

(74) 代理人 100058479

弁理士 鈴江 武彦 (外6名)

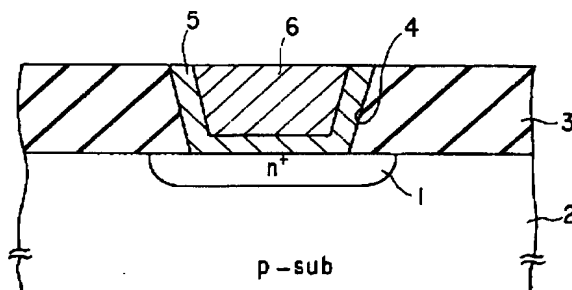
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体装置およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 高い銅拡散バリア性を有し、かつ高導電性を有する銅拡散防止膜を備えた半導体装置を提供するものである。

【解決手段】 銅もしくは銅合金からなる配線と、配線からの銅拡散を防止するための銅拡散防止膜とを有する半導体装置において、前記銅拡散防止膜は、レニウム酸化物薄膜からなることを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 銅もしくは銅合金からなる配線と、配線からの銅拡散を防止するための銅拡散防止膜とを有する半導体装置において、前記銅拡散防止膜は、レニウム酸化物薄膜からなることを特徴とする半導体装置。

【請求項2】 拡散層を有する基板上に絶縁膜を形成する工程と、前記拡散層に対応する前記絶縁膜部分にコンタクトホールを形成する工程と、前記コンタクトホールの内側面および底部にレニウム酸化物薄膜からなる銅拡散防止膜を形成する工程と、前記銅拡散防止膜を有する前記コンタクトホール内に銅もしくは銅合金の配線を形成する工程とを具備したことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、銅もしくは銅合金からなる配線からの銅拡散を防止する銅拡散防止膜を改良した半導体装置およびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体装置の配線材料としては、アルミニウム（Al）もしくはアルミニウム合金（Al合金）が用いられている。しかしながら、AlもしくはAl合金からなる配線はエレクトロマイグレーションにより切断する等の問題があった。

【0003】このようなことから、より低抵抗で耐エレクトロマイグレーション特性が優れた銅（Cu）もしくは銅合金（Cu合金）は次世代の半導体装置の配線材料として注目されている。CuもしくはCu合金の配線を実現する上で問題になるのは、シリコン基板または絶縁膜であるシリコン酸化膜の中へのCu拡散による素子劣化が挙げられる。従来より銅拡散防止膜としては、WN_x、WSiN_x、Ta₂Nが知られている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】銅拡散防止膜は、銅拡散防止性（銅バリア性）の他に、高導電性であることが要求されている。例えば、半導体基板上に酸化シリコン膜からなる層間絶縁膜を堆積し、この層間絶縁膜にコンタクトホールを開口し、このコンタクトホールに銅配線を埋め込んで前記基板との導通を図る場合には拡散防止膜を前記コンタクトホールの側部のみならず底部にも形成する必要がある。このような構造の半導体装置において、前記銅拡散防止膜が高抵抗材料から作ると、前記銅配線とシリコン基板との良好な接続を図るためにコンタクトホールの底部に位置する銅拡散防止膜部分の厚さを増加させなければならない。コンタクトホールの底部に位置する銅拡散防止膜部分の膜厚増加は、同時に側部の膜厚増加に繋がるため、実効的にCu配線の断面積の低下を招く。その結果、Cuを配線材料として利用する配

線抵抗の低減効果が失われる。

【0005】前述した従来の銅拡散防止材料であるWN_x、WSiN_x、Ta₂Nは、抵抗率が200μΩcm以上であるため、いずれも充分な低抵抗性を有するものではない。特に、今後さらに配線幅の縮小が進めば、Cu配線の断面積が減少するため、より低抵抗の銅拡散防止膜が必要になる。

【0006】本発明は、高い銅拡散バリア性を有し、かつ高導電性を有する銅拡散防止膜を備えた半導体装置およびその製造方法を提供しようとするものである。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、レニウム酸化物が優れた銅拡散バリア性を有し、その上室温で9μΩcmと金属レベルの低抵抗率を有することに着目し、このレニウム酸化物を銅拡散防止膜として利用することによりCuもしくはCu合金からなる配線の低抵抗性を生かした半導体装置を発明した。

【0008】すなわち、本発明に係わる半導体装置は銅もしくは銅合金からなる配線と、配線からの銅拡散を防止するための銅拡散防止膜とを有する半導体装置において、前記銅拡散防止膜は、レニウム酸化物薄膜からなることを特徴とするものである。

【0009】本発明に係わる半導体装置の製造方法は、拡散層を有する基板上に絶縁膜を形成する工程と、前記拡散層に対応する前記絶縁膜部分にコンタクトホールを形成する工程と、前記コンタクトホールの内側面および底部にレニウム酸化物薄膜からなる銅拡散防止膜を形成する工程と、前記銅拡散防止膜を有する前記コンタクトホール内に銅もしくは銅合金の配線を形成する工程とを具備したことを特徴とするものである。

【0010】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係わる半導体装置を図面を参照して詳細に説明する。

【0011】図1は、本発明の半導体装置の一形態を示す断面図である。例えばn⁺型拡散層1を表面に有するp型シリコン基板2上には、例えば酸化シリコンからなる層間絶縁膜3が形成されている。コンタクトホール4は、前記拡散層1に対応する前記層間絶縁膜3部分に開口されている。レニウム酸化物薄膜からなる銅拡散防止膜5は、前記コンタクトホール4の内側面から底部にわたって形成されている。CuもしくはCu合金からなる配線6は、前記銅拡散防止膜5が形成された前記コンタクトホール4内に埋め込まれている。

【0012】前記レニウム酸化物は、ReO_x（x=0.15～0.3）で表わされるものであることが好ましい。

【0013】前記銅拡散防止膜は、10～100nmの厚さを有することが好ましい。

【0014】前記Cu合金としては、例えばCu-Si合金、Cu-Si-Al合金等を用いることができる。

【0015】次に、本発明に係わる半導体装置の製造方法を説明する。

【0016】まず、拡散層を有する基板上に例えば酸化シリコンからなる絶縁膜を形成した後、前記拡散層に対応する前記絶縁膜部分にコンタクトホールを形成する。つづいて、このコンタクトホールを含む前記絶縁膜上にレニウム酸化物薄膜および銅薄膜もしくは銅合金薄膜を形成する。次いで、前記銅薄膜もしくは銅合金薄膜と前記レニウム酸化物薄膜を例えばケミカルメカニカルポリッシング(CMP)技術によりエッチバックすることにより前記コンタクトホールの内側面および底部にレニウム酸化物薄膜からなる銅拡散防止膜を形成すると共に、この銅拡散防止膜を有する前記コンタクトホール内に銅もしくは銅合金の配線を形成して前述した図1に示す半導体装置を製造する。

【0017】前記レニウム酸化物薄膜および配線材料である例えば銅薄膜は、例えば次のような図2に示すDCマグネトロンスパッタ装置を用いて成膜することができる。

【0018】図2中の真空容器11内の底部には、レニウム酸化物ターゲット12およびCuターゲット13をそれぞれ保持した第1、第2のターゲットホルダ14、15が配置されている。第1、第2のシャッタ16、17は、前記各ターゲット12、13の上方に近接して配置されている。図示しない駆動機構により回転される第1、第2のマグネット18、19は、前記各ターゲットホルダ14、15の下方に近接してそれぞれ配置されている。第1、第2のDC電源20、21は、それぞれ前記ターゲットホルダ14、15に接続されている。回転機構22により回転される基板ホルダ23は、前記真空容器11内の上部付近に前記各ターゲット12、13と対向して配置されている。ガス供給管24は、前記真空容器11の側壁に連結されている。排気管25は、前記真空容器11の前記ガス供給管24と対向する側壁に連結されている。

【0019】次に、前述したDCマグネトロンスパッタ装置によるレニウム酸化物薄膜、Cu薄膜の成膜方法を説明する。

【0020】まず、基板ホルダ23に前述したコンタクトホールが開口された層間絶縁膜を有するシリコン基板26を表面側がターゲット12、13と対向するように保持する。酸素とアルゴンの混合ガス(もしくはアルゴンガス)をガス供給管24を通して真空容器11内に供給すると共に、図示しない排気装置により真空容器11内のガスを排気管25を通して排気して真空容器11内を所定の真空度にする。第1DC電源20から所定の直流電圧をターゲットホルダ14に印加すると共に、第1マグネロン18を所定の速度で回転することにより、前記ホルダ14に保持されたレニウム酸化物ターゲット12からレニウム酸化物をスパッタリングする。スパ

タ状態が安定した状態で前記ターゲット14上方に配置した第1シャッタ16を開くとともに、回転機構22により前記基板ホルダ23を所定の速度で回転することにより前記基板25のコンタクトホールを含む層間絶縁膜上にレニウム酸化物薄膜を成膜する。

【0021】目的とする厚さのレニウム酸化物薄膜の成膜を行った後、酸素とアルゴンの混合ガスの供給、第1ターゲットホルダ14への第1DC電源20からの直流電圧電力の印加、第1マグネロン18の回転を停止すると共に、第1シャッタ16を閉じる。

【0022】次いで、アルゴンガスをガス供給管24を通して真空容器11内に供給すると共に、図示しない排気装置により真空容器11内のガスを排気管25を通して排気して真空容器11内を所定の真空度にする。第2DC電源21から所定の直流電圧を第2ターゲットホルダ15に印加すると共に、第2マグネロン19を所定の速度で回転することにより、前記第2ターゲットホルダ15に保持されたCuターゲット13からCuをスパッタリングする。スパッタ状態が安定した状態で前記Cuターゲット13上方に配置した第2シャッタ17を開くとともに、回転機構22により前記基板ホルダ23を所定の速度で回転することにより前記基板のレニウム酸化物薄膜上にCu薄膜を成膜する。

【0023】このような図2に示すマルチターゲットタイプのDCマグネトロンスパッタ装置によれば、レニウム酸化物/Cuの2層薄膜を真空を破らずに成膜することができたため、レニウム酸化物からなる銅拡散防止膜とCuの配線の界面における電気的な導電性を向上することが可能になる。

【0024】

【実施例】以下、本発明の好ましい実施例を詳細に説明する。

【0025】(実施例1) 前述した図2に示すDCマグネトロンスパッタ装置を用いてシリコン基板および表面に酸化シリコン膜を有するシリコン基板上に下記の条件で $\text{ReO}_{0.15}$ 、 $\text{ReO}_{0.25}$ 、 $\text{ReO}_{0.3}$ で表わされる厚さ70nmのレニウム酸化物薄膜を成膜した。

【0026】(ReO_x の成膜条件)

酸素導入量; 0 sccm, 2.5 sccm, 5 sccm、

スパッタ放電電圧; 575 V、

スパッタ放電電流; 1 A、

スパッタ圧力; 0.6 Pa、

基板温度; 室温、

基板-レニウムターゲット間距離; 180 mm。

【0027】前記シリコン基板および表面に酸化シリコン膜を有するシリコン基板上に成膜されたレニウム酸化物薄膜の抵抗率を測定した。その結果を図3に示す。なお、図3中のaはシリコン基板上のレニウム酸化物薄膜の抵抗特性線、bは酸化シリコン膜上のレニウム酸化物

10

20

30

40

50

薄膜の抵抗特性線である。

【0028】図3から明らかなようにシリコン基板上、および酸化シリコン膜上に成膜したレニウム酸化物薄膜は、いずれも $\text{ReO}_{0.15}$ の組成の時に抵抗率が最小になり、約 $150 \mu\Omega\text{cm}$ と低抵抗性を示すことがわかる。

【0029】（実施例2）図4に示すようにシリコン基板31上に前述したDCマグネトロンスパッタ装置を用いて前記実施例1と同様な方法により $\text{ReO}_{0.15}$ で表わされる厚さ70nmのレニウム酸化物薄膜32を成膜し、さらにこの薄膜32上に下記の条件で厚さ130nmのCu薄膜33を成膜して第1試料を作製した。

【0030】また、図5に示すようにシリコン基板31の酸化シリコン膜34上に前述したDCマグネトロンスパッタ装置を用いて前記実施例1と同様な方法により $\text{ReO}_{0.15}$ で表わされる厚さ70nmのレニウム酸化物薄膜32を成膜し、さらにこの薄膜32上に下記条件で厚さ130nmのCu薄膜33を成膜して第2試料を作製した。

【0031】（Cu薄膜の成膜条件）

導入ガス：アルゴン、

スパッタ放電電圧：400V、

スパッタ放電電流：1.3A、

スパッタ圧力：0.6Pa、

基板温度：室温、

基板-Cuターゲット間距離：180mm。

【0032】図4に示す第1試料を $1 \times 10^{-3} \text{Pa}$ の真空中、500℃、および600℃で30分間保持した後、Si基板中のCu濃度を二次イオン質量分析（SIMS）により測定した。その結果を図6に示す。

【0033】また、図5に示す第2試料を $1 \times 10^{-3} \text{Pa}$ の真空中、500℃、および600℃で30分間保持した後、酸化シリコン膜（ SiO_2 膜）中のCu濃度を二次イオン質量分析（SIMS）により測定した。その結果を図7に示す。

【0034】さらに、図4および図5に示す第1、第2の試料を $1 \times 10^{-3} \text{Pa}$ の真空中、室温、400℃、450℃、500℃および600℃で30分間保持した後、Cu薄膜の抵抗率を測定した。その結果を図8に示す。なお、図8中のaは第1試料のCu薄膜の抵抗特性線、bは第2試料のCu薄膜の抵抗特性線である。

【0035】これらの図6および図7から真空アニールを500℃で行った場合には、Si中および SiO_2 中へのCuの拡散が見られないことが、600℃になるとSi中へのCuの拡散が見られることがわかる。

【0036】また、図8から明らかなようにCu薄膜は、シリコン基板および酸化シリコン膜のレニウム酸化物薄膜上のいずれに成膜した場合でも同様な抵抗率変

化を示すが、600℃ではシリコン基板のレニウム酸化物薄膜上に成膜したCu薄膜の方が抵抗が増大することがわかる。

【0037】以上の結果から、 $\text{ReO}_{0.15}$ の組成を持つレニウム酸化物薄膜の耐Cu拡散防止温度は500℃程度であると考えられる。ただし、現状の半導体装置の製造プロセスにおける最高加熱温度は400～450℃程度であることを考慮すれば、 $\text{ReO}_{0.15}$ の組成を持つレニウム酸化物薄膜は半導体装置の製造プロセスでの温度の下で十分な銅拡散防止性能を有することがわかる。

【0038】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明によれば高い銅拡散バリア性を有し、かつ高導電性を有する銅拡散防止膜を備え、CuもしくはCu合金からなる配線の低抵抗性を生かした高速動作が可能で高信頼性の半導体装置およびその製造方法を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係わる半導体装置を示す断面図。

【図2】本発明の半導体装置を構成する銅拡散防止膜およびCu薄膜の成膜に用いられるDCマグネトロンスパッタ装置を示す概略図。

【図3】シリコン基板および酸化シリコン膜上にそれぞれ成膜された $\text{ReO}_{0.15}$ 、 $\text{ReO}_{0.25}$ 、 $\text{ReO}_{0.3}$ で表わされるレニウム酸化物薄膜の抵抗率を示す特性図。

【図4】実施例2で用いられたシリコン基板上にレニウム酸化物薄膜およびCu薄膜を成膜した第1試料を示す断面図。

【図5】実施例2で用いられたシリコン基板の酸化シリコン膜上にレニウム酸化物薄膜およびCu薄膜を成膜した第2試料を示す断面図。

【図6】真空中、所定の温度でアニーリングした後のSi中のCu濃度を示す図。

【図7】真空中、所定の温度でアニーリングした後の SiO_2 中のCu濃度を示す図。

【図8】第1、第2の試料を用いて真空雰囲気下に保持した後のその温度に対するCu薄膜の抵抗率の関係を示す特性図。

【符号の説明】

2、31…シリコン基板、

3…層間絶縁膜、

4…コンタクトホール、

5…レニウム酸化物からなる銅拡散防止膜、

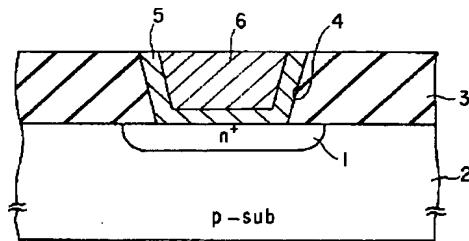
6…CuもしくはCu合金の配線、

32…レニウム酸化物薄膜、

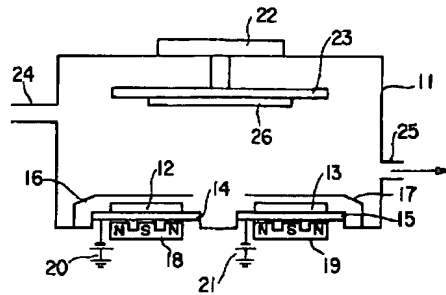
33…Cu薄膜

34…酸化シリコン膜。

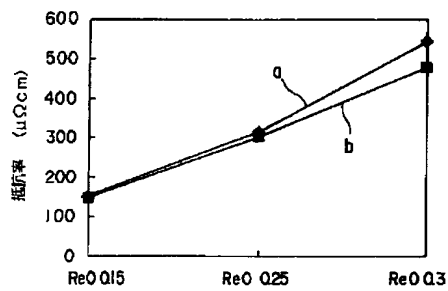
【図1】



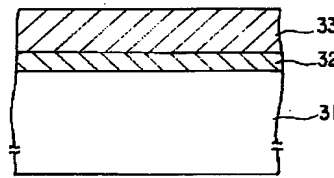
【図2】



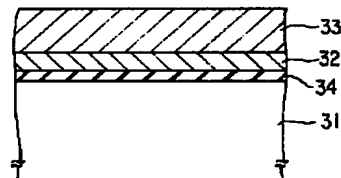
【図3】



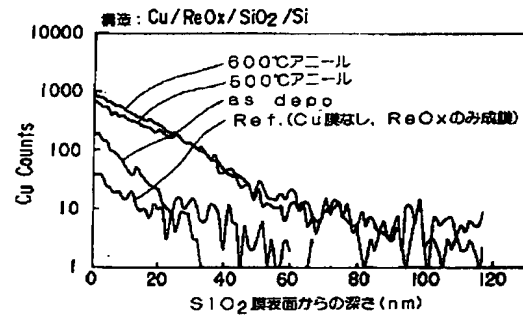
【図4】



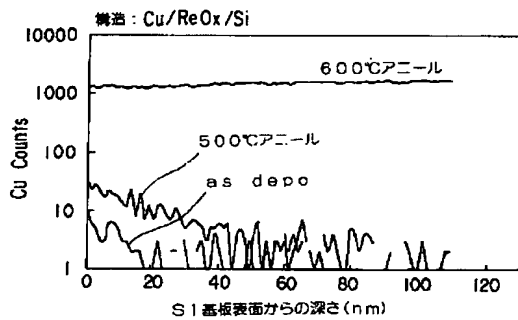
【図5】



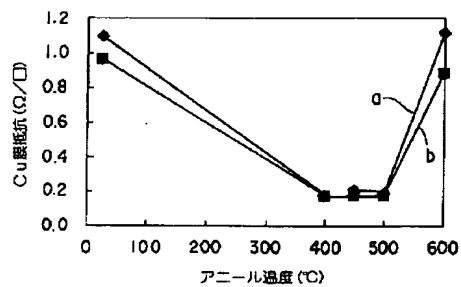
【図7】



【図6】



【図8】



フロントページの続き

F ターム(参考) 4M104 AA01 BB36 CC01 DD37 DD40
DD42 FF18 HH04 HH16
5F033 HH11 HH35 JJ11 JJ35 KK01
MM05 NN06 NN07 PP15 PP16
XX10 XX28